

***MECÁNICA VENTRICULAR IZQUIERDA EN PACIENTES CON INFARTO AGUDO
DEL MIOCARDIO***

***MECÁNICA VENTRICULAR IZQUIERDA EN PACIENTES CON INFARTO AGUDO
DEL MIOCARDIO***

Autores:

Dr. Andrés Orlando Rojas Arenas

Dr. José Fernando Zuluaga Rojas

Cardiólogos – Fellows de Ecocardiografía

Dr. Gabriel Salazar Castro.

Cardiólogo- Ecocardiografista

Trabajo de grado presentado a Universidad del Rosario

Facultad de medicina

Especialización en Ecocardiografía

LINEA DE INVESTIGACIÓN EN CARDIOLOGÍA
FUNDACIÓN CARDIOINFANTIL-IC
SERVICIO DE CARDIOLOGÍA MÉTODOS NO INVASIVOS

AUTORES

Dr. Andrés Orlando Rojas Arenas

Dr. José Fernando Zuluaga Rojas

Dr. Gabriel Salazar Castro.

Comité del trabajo de grado:

ASESOR CLÍNICO

Dr. Gabriel Salazar Castro

ASESOR METODOLÓGICO

Dr. Edgar Hernandez

Salvedad institucional

“La Universidad del Rosario no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia”.

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS.....	6
LISTA DE FIGURAS.....	8
RESUMEN	9
SUMARY	11
Introducción	13
Justificación	14
Planteamiento del problema de investigación.	15
PREGUNTA DE INVESTIGACION	16
Marco teórico	16
• Generalidades	16
• Fisiología normal del ventrículo izquierdo	18
• Mecánica ventricular	19
• Definiciones	19
• Principios básicos del Speckle tracking	19
• Componentes de la deformación miocárdica y la transmuralidad de la enfermedad	21
• Aplicaciones de la mecánica ventricular en la enfermedad coronaria.....	21
○ Detección de enfermedad coronaria	21
○ Infarto agudo al miocardio.....	22
○ Otras aplicaciones	22
Objetivos	23
• Objetivo general.....	23
• Objetivos específicos	23
Materiales y Métodos.....	24
• Diseño del estudio.....	24
○ Tipo de estudio.	24
○ Marco muestral.....	24
○ Cálculo del tamaño de muestra	24
○ Metodología.....	25
○ Criterios de inclusión.....	26
○ Criterios de exclusión	26
Especificaciones técnicas de los equipos utilizados en el estudio.....	27

Técnica de adquisición y análisis de las imágenes ecocardiográficas.....	27
• Técnica de adquisición de imágenes.	27
• Análisis e interpretación de la mecánica ventricular	28
• Medición y análisis de la fracción de eyección por método de Simpson	29
• Cálculo del índice de motilidad parietal	29
Operacionalización de las variables de estudio.....	29
Plan de Analisis	33
Aspectos éticos.....	33
Presupuesto	34
Cronograma	36
RESULTADOS.....	38
DISCUSIÓN	47
CONCLUSIONES	50
RECOMENDACIONES.....	50

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de operacionalización de las variables

Tabla 2. Tabla de Recursos humanos utilizados durante el estudio

Tabla 3. Equipos utilizados

Tabla 4. Ecocardiograma

Tabla 5. Materiales de oficina.

Tabla 6. Totalidad de recursos

Tabla 7. Actividades del cronograma

Tabla 8. Características generales de la población estudiada

Tabla 9. Características de Strain Global, ADA, ACD y Cx.

Tabla 10. Selección del punto de corte óptimo para cada medición

Tabla 11. Valores predictivos positivos y negativos y LR

Tabla 12. Áreas bajo las curvas COR para las mediciones Global, ACD, ADA, Cx Strain.

Tabla 13. Diferencias de promedios de global, ACD, ADA y Cx Strain en pacientes con y sin enfermedad vascular coronaria

Tabla 14. Áreas bajo las curvas COR para las mediciones de FE e IMP comparado con medición de lesión vascular coronaria a través de arteriografía

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Curvas ROC para cada medición de STRAIN

RESUMEN

Introducción

El papel de las nuevas técnicas ecocardiográficas para el diagnóstico de infarto agudo del miocardio se encuentra en desarrollo y la realización de mecánica ventricular izquierda podría sugerir la presencia de enfermedad coronaria hemodinámicamente significativa.

Objetivos

Determinar si en pacientes con infarto agudo del miocardio la medición de strain longitudinal global y regional sirve para predecir la presencia de enfermedad coronaria significativa.

Métodos

Es un estudio de pruebas diagnósticas en el que se evaluaron las características operativas de la mecánica ventricular izquierda para la detección de enfermedad coronaria significativa comparado contra el cateterismo cardiaco, considerado el patrón de oro. Se analizaron 54 pacientes con infarto agudo del miocardio llevados a cateterismo cardiaco, a quienes se les realizó un ecocardiograma transtorácico con medición de strain longitudinal global y regional.

Resultados

De los 54 pacientes analizados, el 83% tenía enfermedad coronaria significativa. El hallazgo de un strain longitudinal global < -17.5 tuvo una sensibilidad del 85% y una especificidad del 78% para predecir la presencia de enfermedad coronaria; para la arteria descendente anterior un strain longitudinal regional < -17.4 tuvo una sensibilidad de 82% y una especificidad de 44%, para la arteria circunfleja una sensibilidad del 87% y una especificidad del 37% y para la arteria coronaria derecha una sensibilidad de 73% y una especificidad de 32%.

Conclusiones

La realización de ecocardiografía con mecánica ventricular en pacientes con infarto agudo del miocardio es útil para predecir la presencia de enfermedad coronaria hemodinámicamente significativa.

Palabras Clave:

Strain longitudinal global, strain longitudinal regional, infarto agudo del miocardio con elevación del segmento ST, infarto agudo del miocardio sin elevación del segmento ST, enfermedad coronaria.

SUMMARY

Introduction

The role of the new ecocardiographic techniques in patients with acute myocardial infarction is under development, and the measurement of left ventricular mechanics could predict the presence of significant coronary artery disease.

Objectives

To determine if the measure of global longitudinal and regional strain is useful to predict the presence of hemodynamically significant coronary artery disease.

Methods

It is a diagnostic test study, aimed to determine the operative characteristics of left ventricular mechanics compared to cardiac catheterism, which was considered the gold standard. 54 patients with a diagnosis of acute myocardial infarction who underwent cardiac catheterization were analyzed; transthoracic echocardiography was performed with measurement of global and regional longitudinal strains.

Results

Of 54 patients studied, 83% had hemodynamically significant coronary artery disease. The finding of a global longitudinal strain < -17.5 had a sensitivity of 85% and a specificity of 78% for predicting the presence of coronary artery disease; the left anterior descending

artery regional longitudinal strain ≤ -17.4 had a sensitivity of 82% and a specificity of 44%; the circumflex artery strain had a sensitivity of 87% and a specificity of 37%, and for the right coronary artery a sensitivity of 73% and a specificity of 32% was found.

Conclusions

Echocardiography with measurement of ventricular mechanics in patients with acute myocardial infarction is useful for predicting the presence of hemodynamically significant coronary disease.

Key Words

Global longitudinal strain, regional longitudinal strain, acute myocardial infarction with ST elevation, acute myocardial infarction without ST elevation, coronary disease.

INTRODUCCIÓN

La enfermedad coronaria es un problema de salud pública a nivel mundial, siendo la primera causa de mortalidad (1,2). En estados unidos, 60 millones de adultos padecen de enfermedad coronaria, la cual es responsable del 42% de las muertes por año, con un costo cercano a los 218 billones de dólares (1,2,3). En Colombia, la cardiopatía isquémica es la principal causa de mortalidad en ambos géneros mayores de 45 años superando incluso las muertes violentas con una tasa de mortalidad de 107.3 por 100.000 habitantes por año e incrementándose en mayores de 65 años a 867.1 por 100.000 habitantes por año (3). Así mismo el número de pacientes que asisten a urgencias por dolor torácico es alto, llegando a cifras cercanas a los 8 millones de consultas anuales en los hospitales de estados unidos, siendo solo el 15% compatibles con un verdadero síndrome coronario agudo (3). Es importante contar con métodos diagnósticos sensibles que nos permitan diagnosticar patologías potencialmente fatales como el síndrome coronario agudo, para poder establecer una terapia adecuada y dirigida. Es importante seguir los lineamientos de las guías internacionales, estableciendo, en el contexto de un dolor torácico sugestivo de enfermedad coronaria, la probabilidad de estar ante dicha patología, así como el riesgo de complicaciones cardiovasculares y mortalidad. Hoy en día este algoritmo diagnóstico se basa en las características clínicas del dolor, el examen físico, los cambios electrocardiográficos, la elevación de enzimas cardíacas y los puntajes de riesgo como el GRACE o el TIMI, que tiene en cuenta muchas de dichas variables mencionadas. Sin embargo hasta el 10% de los pacientes con eventos coronarios agudos no diagnosticados pueden ser dados de alta de manera errónea teniendo un verdadero infarto agudo del miocardio, con una mortalidad en este grupo del 6 – 8%; en su contraparte, paciente con dolor torácico no coronario, que son sometidos a un sinnúmero de exámenes diagnósticos no justificados, aumentando la carga económica al sistema de salud. Es por esto que debemos continuar con la búsqueda de métodos diagnósticos de bajo costo que nos permitan clasificar el diagnóstico y el riesgo de nuestros pacientes con síndrome coronario

agudo para dirigir el algoritmo diagnóstico y terapéutico a los pacientes que realmente lo necesitan,

En este campo los métodos no invasivos juegan un papel fundamental. La ecocardiografía es una herramienta útil, dado su costo y versatilidad (3). El rápido avance tecnológico, con la introducción de herramientas como la mecánica ventricular, con la medición de la deformación de la fibra miocárdica mediante el speckle tracking, hacen de este método diagnóstico, un importante candidato para ayudarnos a solucionar el problema arriba mencionado. Mediante este método podremos tener una medida objetiva de la función ventricular global y regional, que podrá ayudarnos a predecir la presencia de enfermedad coronaria, ayudándonos así a direccionar a nuestro paciente a la terapia y seguimiento más adecuados (4).

Sin embargo hay que tener en mente que tan solo es una herramienta adicional en nuestra aproximación holística al paciente con enfermedad coronaria, que puede ayudarnos a clasificar el diagnóstico y el riesgo en una situación clínica determinada, sin reemplazar de ninguna manera, un adecuado juicio clínico y un exhaustivo examen físico.

JUSTIFICACIÓN

El diagnóstico de la enfermedad coronaria es, en muchas ocasiones, difícil de determinar, haciéndose un inadecuado direccionamiento de los pacientes, ya sea a un ámbito ambulatorio en presencia de síndrome coronario agudo, o hacia exámenes costosos en pacientes con dolor torácico no coronario. Es por esto que debemos continuar en la investigación de otras herramientas que nos ayuden a la correcta clasificación diagnóstica y a la estratificación de riesgo de nuestros pacientes que asisten con dolor torácico compatible con síndrome coronario agudo.

Los parámetros medidos por ecocardiografía convencional, como el índice de motilidad o la fracción de eyección, tiene algunas limitaciones como la subjetividad en su medición, y su dependencia del operador.

El objetivo del presente estudio es determinar el rendimiento diagnóstico de la mecánica ventricular medida por ecocardiografía, con sus parámetros de strain longitudinal global (SLG) y regional, para determinar la presencia de enfermedad coronaria en el contexto de pacientes con diagnóstico de infarto agudo del miocardio con y sin elevación del segmento ST.

De esta forma se contará con un elemento adicional en la aproximación al paciente con infarto agudo del miocardio, para definir el tipo de terapia y el paso siguiente en el algoritmo diagnóstico y terapéutico.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

La evaluación ecocardiográfica de los pacientes con síndrome coronario agudo históricamente ha estado encaminada a establecer la presencia de trastornos segmentarios de la contractilidad y a la evaluación de la función sistólica y diastólica, parámetros que tienen un fuerte impacto en pronóstico de los pacientes. Sin embargo como se ha comentado anteriormente tiene importantes limitaciones como lo son la dependencia del operador, la dependencia de variables hemodinámicas y en el caso del índice de motilidad, la subjetividad de la medición. Así mismo se buscan nuevas herramientas ecocardiográficas que ayuden a predecir la detección de enfermedad coronaria y que ayuden a disminuir la incorrecta clasificación de pacientes con síndrome coronario agudo. Así, la mecánica ventricular nace como una nueva herramienta para ayudarnos en el diagnóstico de los pacientes con enfermedad coronaria en el contexto del síndrome coronario agudo.

Se evaluará objetivamente el valor de strain global, así como el regional por territorio de perfusión coronaria, para determinar el punto de corte que se asocia con la presencia de enfermedad coronaria significativa y su correlación topográfica con la localización de la lesión coronaria. Estas mediciones son más reproducibles, tiene menor variabilidad interobservador,

Una de las limitaciones que se ha asociado al uso del strain es su alta variabilidad entre los diferentes software de las diferentes marcas, haciendo que las mediciones no sean generalizables en la población general. Este es otro de los motivos por los cuales, es

imperativo aumentar la evidencia local, con el uso de los programas disponibles en nuestro medio, para conocer si los resultados obtenidos en nuestro estudios son comparables a los reportados en la literatura internacional.

Para resolver estos interrogantes se diseñó el presente estudio, encaminado a tener un mayor entendimiento de la mecánica ventricular en los pacientes con síndrome coronario agudo, y así poder en un futuro cercano, usarlo como herramienta adicional en el diagnóstico de nuestros pacientes con esta complicada patología.

PREGUNTA DE INVESTIGACION

- ¿Cuál es el rendimiento diagnóstico de la mecánica ventricular para definir la presencia de lesiones angiográficamente significativas documentadas por cateterismo, en pacientes con diagnóstico de infarto agudo del miocardio?

MARCO TEÓRICO

- Generalidades

En Estados Unidos aproximadamente 8 millones de personas al año consultan por dolor torácico a los servicio de urgencias. El desafío de los clínicos consistente en identificar las causas serias de dolor torácico que requieran intervención. El síndrome coronario agudo frecuentemente presenta síntomas atípicos con cambios electrocardiográficos inespecíficos y ausencia de elevación de biomarcadores. El diagnóstico y tratamiento oportuno de esta patología se relacionara con un fuerte impacto pronóstico con mejoría de las tasas de morbilidad y mortalidad. Paciente con dolor torácico no coronario son frecuentemente admitidos para la realización de diferentes exámenes cardiacos, con un aumento en el costo de salud. De los pacientes que ingresan por dolor torácico, menos del 30% son diagnosticados con síndrome coronario agudo. Un diagnóstico eficiente no solo beneficiara al paciente, sino que reducirá el tiempo y costos de hospitalización.

El diagnóstico de síndrome coronario agudo está basado en la presencia de dolor torácico compatible con dicha patología (irradiación a hombro derecho con LR positivo de 4.7 y acompañado de disnea un LR positivo de 2.1), los cambios electrocardiográficos con sensibilidad 56% y especificidad del 94% y la presencia de elevación de biomarcadores, con sensibilidad y especificidad para las troponinas de última generación de 95% y 90% respectivamente. El uso de marcadores cardiacos es de gran importancia en el estudio de dolor torácico y/o disnea en el servicio de urgencias. Sin embargo su elevación puede tardar varias horas a partir del inicio de los síntomas, y pueden estar elevados en otro tipo de patologías como enfermedad renal crónica, falla cardiaca o tromboembolismo pulmonar. Así mismo los cambios electrocardiográficos frecuentemente son inespecíficos.

Dadas estas limitaciones, la ecocardiografía puede jugar un papel útil en el diagnóstico de este tipo de pacientes (1,2,3). La evaluación de la función sistólica ventricular izquierda, el engrosamiento segmentario de las paredes, con el cálculo del índice de motilidad puede darnos importantes pistas para acercarnos al diagnóstico preciso de nuestro paciente (1,2). Así mismo este estudio imagenológico nos ayudara al diagnóstico de otras causas de dolor torácico, incluyendo disección aortica, estenosis aortica, derrame pericárdico, etc(1,2,3).

La isquemia aguda está asociada a una serie de cambios fisiológicos y bioquímicos del tejido miocárdico. La cascada isquémica inicia con cambios bioquímicos que causan anomalías en la función diastólica y sistólica ventricular izquierda. Estos cambios preceden a las alteraciones electrocardiográficas, clínicas y a la elevación de biomarcadores. Esta habilidad de detectar las alteraciones en dicha cascada fisiopatológica despierta interés para implementar el uso de la ecocardiografía en pacientes con dolor torácico sin un diagnóstico claro de síndrome coronario agudo (1,2,4,5).

La interpretación de la motilidad regional de la pared requiere de experiencia. El engrosamiento y la motilidad endocárdica sistólica se evalúan en cada segmento del ventrículo izquierdo, con base en el modelo de 16 segmentos recomendado por la sociedad americana de Ecocardiografía; se le asigna a cada segmento un valor basado en la evaluación visual de la contractilidad: normal=1, hipoquinesia=2, aquinesia=3, disquinesia=4 y aneurisma=5. El índice de motilidad parietal, que es una medida semicuantitativa, se calcula promediando el puntaje de motilidad de la pared, sobre los

segmentos visualizados. Un valor normal será igual a 1, mientras que la alteración en la contractilidad de uno o varios segmentos presentarán puntajes proporcionalmente más altos. Este puntaje se correlaciona con el tamaño del infarto, y con los defectos de perfusión en las imágenes por medicina nuclear(1,2).

- Fisiología normal del ventrículo izquierdo

La función sistólica del ventrículo izquierdo es un proceso complejo que involucra la contracción coordinada de las fibras musculares del subendocardio, miocardio y subepicardio. Estas fibras están dispuestas en una compleja forma helicoidal. En el ecuador de ventrículo, las fibras miocárdicas están orientadas circunferencialmente; la contracción de estas fibras contribuye a la disminución del eje menor del ventrículo, que es responsable por la generación de una gran parte del volumen latido. Las fibras orientadas longitudinalmente en el subendocardio y subepicardio contribuyen al acortamiento del eje largo, contribuyendo también al volumen latido (1,2,7,8).

Durante la sístole normal el acortamiento miocárdico longitudinal causa que la base del ventrículo izquierdo descienda hacia el ápex, movimiento que es de aproximadamente 12.15 mm en sujetos normales, mientras que el ápex es relativamente estacionario desplazándose solo unos milímetros(7,8).

Adicionalmente existe un movimiento circunferencial y un engrosamiento sistólico que resulta del acortamiento circunferencial y longitudinal. Este engrosamiento es mayor en el subendocardio que en el subepicardio, lo cual no es debido a una diferencia en la contractilidad de las capas, sino más bien consecuencia de la geometría y la incompresibilidad del tejido.

Así mismo existe un movimiento de torsión reflejando el hecho que la base y el ápex rotan en sentido contrario. La base estructural para este movimiento es la arquitectura espiral de la orientación de las fibras miocárdicas, estando dispuestas en una hélice en sentido derecho en el subendocardio, y en sentido izquierdo en el subepicardio. Este movimiento de torsión juega un papel importante tanto en la función sistólica como en la diastólica, estando en relación con el efecto de succión en esta última fase facilitando el llenado ventricular(7,8).

- Mecánica ventricular

El strain se refiere a deformación, y es un excelente parámetro para la cuantificación de la función miocárdica. Permitiendo evaluar la función regional y global del ventrículo izquierdo(4,8,11).

- Definiciones

Strain: se refiere a la medida de cuanto se deforma un objeto. En la mecánica cardiaca se usa la aproximación propuesta por Mirsky y Parmley y se calcula como porcentaje o cambio fraccional de una dimensión. De esta forma se infiere que el strain sistólico será medido como porcentaje de acortamiento en el eje largo, y porcentaje de engrosamiento para las medidas radiales en el eje corto. Este tipo de strain se conoce como Lagrangiano y está determinado por la siguiente formula:

$$\text{Strain} = (L - L_0) / L_0$$

Donde L es la longitud actual. Y L₀ es la longitud inicial.

Por convención al strain de alargamiento o engrosamiento se le asigna valores positivos, mientras al acortamiento o adelgazamiento se le asignará valores negativos. Cuando es medido por ecocardiografía en una sola dimensión, solo existirá acortamiento o alargamiento por un lado, o engrosamiento o adelgazamiento por otro lado. Sin embargo en la vida real el miocardio atraviesa una compleja deformación tridimensional, con movimiento longitudinal, circunferencial, radial, y rotacional simultaneo (1,2,4).

Strain rate: es la tasa de cambio del strain y usualmente es expresado en 1/segundo.

Existen diferentes tipos de strain que pueden ser medidos mediante ecocardiografía por speckle tracking: strain longitudinal que medirá la deformación en el sentido base-apex, circunferencial en el que las fibras se acortaran en el sentido de la circunferencia de la cavidad, radial en el que le movimiento estará dado hacia el centro de la cavidad y de torsión que estará dado por la deformación en sentido opuesto de la base y el ápex.

- Principios básicos del Speckle tracking

Los speckles son creados por la interferencia de los haces de ultrasonido en el miocardio y son visualizados en una escala de grises en imágenes en modo B. Estos speckles son el

resultado de interferencia constructiva y destructiva del ultrasonido que es dispersado desde estructuras más pequeñas que la longitud de onda del ultrasonido. Así se crean zonas con un patrón moteado que sirven como marcas acústicas, que podrán ser rastreadas cuadro a cuadro dentro del plano de una imagen(1,2,3,7).

La ecocardiografía medirá entonces la distancia instantánea entre dos bloques de *speckles*, haciendo por tanto que sea relativamente independiente de ángulo y dándole la capacidad de medir el strain en diferentes direcciones en el mismo plano de imagen, como por ejemplo strain circunferencial y radial en el eje corto, y strain longitudinal incluyendo los segmentos cercanos al ápex en el eje largo. Sin embargo el strain medido por *speckle tracking* no es completamente independiente de ángulo, dado que la imagen tendrá mayor resolución a lo largo del haz de ultrasonido que en su dirección perpendicular, haciendo por tanto más confiable el seguimiento de los *speckle* para el cálculo del strain(1,2,3,7).

Es primordial recordar la importancia de la optimización de la calidad de la imagen, incluyendo la posición del foco en una profundidad intermedia, el ajuste de la profundidad y tamaño del sector, para incluir lo mínimo posible de la región de interés, aumentando así la resolución espacial y temporal, con metas de *frame rates* de 50-70 ciclos por segundo(1,2,3).

El strain por *speckle tracking* es un método semiautomático que requiere una definición manual de diferentes puntos a lo largo de los bordes endocárdicos, ajustando la región de muestreo de interés para asegurar que la mayor parte del grosor de la pared es incluido en el análisis, evitando incluir el pericardio. El final de la sístole es definida por el cierre valvular aórtico en el eje largo apical, por lo que esta vista deberá ser analizada en primer lugar(7,8,11).

Los valores del strain pueden ser calculados por segmentos (strain segmentario), por áreas de distribución vascular teóricas (strain territorial) o como un promedio del strain de todos los segmentos (strain global).

Los valores normales de strain longitudinal global que se reportan en la literatura están por encima de -18% en adultos sanos.

Cuando se evalúa la función sistólica por strain este puede ser medio como strain sistólico pico (positivo o negativo) strain pico al final de la sístole, o strain pico independientemente del tiempo (sístole o diástole temprana). No existe consenso para determinar qué punto debe ser usado para la medición del strain pico en la evaluación de la función sistólica.

- Componentes de la deformación miocárdica y la transmuralidad de la enfermedad

En general, la mecánica ventricular izquierda longitudinal está gobernada por la capa subendocárdica, la que es más vulnerable y más sensible a efectos patológicos como la isquemia. Teniendo esto en cuenta cabría inferir que, en el caso de querer medir alteraciones en la deformación miocárdica en pacientes con patologías como angina inestable, este debería medirse con un parámetro que midiera la fisiología en esta pared, como sería el caso del strain longitudinal. En caso que el paciente tuviese respetado la capa media y el subepicardio, podría resultar en una mecánica circunferencial y de torsión cercana a lo normal, con función ventricular izquierda relativamente preservada y FE normal. Por otro lado, un infarto transmural agudo, o progresión de la enfermedad con compromiso de la mitad de la pared o subepicardio, llevaría a una alteración de la mecánica circunferencial y de torsión, y muy posiblemente a una caída de la fracción de eyección. Es por esto que en el análisis de patologías de este tipo, como infarto agudo del miocardio, debería incluir medidas de strain circunferencial, que ha demostrado un mejor rendimiento diagnóstico comparado con el longitudinal (7,10,12,13,14).

- Aplicaciones de la mecánica ventricular en la enfermedad coronaria

- Detección de enfermedad coronaria

Con la herramienta de la medición de la deformación miocárdica con sus diferentes componentes, pueden detectarse cambios sutiles en las medidas que sugieran disfunción miocárdica. Como se comentó anteriormente, dado que la mecánica longitudinal predomina en el subendocardio vulnerable a la isquemia, el strain puede usarse para medir su deformación y detectarse disfunción sistólica subclínica en presencia de enfermedad coronaria obstructiva. En diferentes estudios clínicos se ha demostrado la utilidad del strain longitudinal, así como el circunferencial para predecir la presencia de lesiones coronarias significativas ($> 70\%$) (5,6,10,11,12).

- Infarto agudo al miocardio

El strain longitudinal y circunferencial se reducen en paciente con esta patología, correlacionándose con el tamaño del infarto, la fracción de eyección, la predicción de remodelación y los eventos clínicos. Así mismo se han relacionado con la predicción de la documentación de lesiones angiográficamente significativas, y su relación con la localización de dichas lesiones.

Teniendo en cuenta los mecanismos fisiopatológicos y la relación de la transmuralidad con el contexto clínico del paciente, algunos estudios han demostrado diferencias en el rendimiento diagnóstico del strain circunferencial con respecto al longitudinal. Grenne y cols publicaron un estudio en el 2010, donde encontraron un mejor rendimiento del strain circunferencial con un valor $>-10\%$, en pacientes con IAMSST para la detección de lesiones angiográficamente significativas (sensibilidad de 90%, especificidad del 88%, con un área bajo la curva de 0.93) (12).

Por otra parte, en el estudio realizado por Dahlslett publicado en el 2014, en pacientes con angina inestable, y por ende troponina negativa, encontraron que el strain longitudinal global estaba relacionado con la presencia y ausencia de lesiones coronarias por cateterismo(5).

- Otras aplicaciones

Otras situaciones en las que se ha demostrado evidencia de la mecánica ventricular, son el estudio de la viabilidad y la detección de enfermedad coronaria en pacientes llevados a ecocardiograma estrés dobutamina, en donde en algunos estudios se ha demostrado el aumento de la sensibilidad y especificidad esta última prueba para la detección de enfermedad coronaria con compromiso especialmente del strain longitudinal y circunferencial. Sin embargo estas aplicaciones aún están en proceso de investigación y no pueden ser recomendadas rutinariamente.

OBJETIVOS

- **Objetivo general**

Determinar el rendimiento diagnóstico del strain longitudinal global en pacientes con infarto agudo del miocardio llevados a arteriografía coronaria, que asisten a la Fundación Cardioinfatil desde Abril del 2015 a Noviembre del 2015.

- **Objetivos específicos**

- 1.1.1 Determinar el punto de corte de Strain longitudinal global con mejor rendimiento diagnóstico para la detección de lesiones angiográficamente significativas en pacientes con infarto agudo del miocardio.
- 1.1.2 Determinar la correlación topográfica de las alteraciones encontradas por la mecánica ventricular con la localización de la lesión angiográfica.
- 1.1.3 Determinar la correlación entre la mecánica ventricular alterada en pacientes con infarto agudo del miocardio con elevación del segmento ST y lesiones angiográficamente significativas en el territorio del vaso no culpable.
- 1.1.4 Describir las características clínicas y ecocardiográficas de los pacientes a estudio.
- 1.1.5 Comparar el rendimiento diagnóstico del índice de motilidad parietal, fracción de eyección calculada por método de Simpson frente al análisis por mecánica ventricular y establecer si existen diferencias estadísticamente significativas.

MATERIALES Y MÉTODOS

- **Diseño del estudio**

- Tipo de estudio.

Se trata de un estudio prospectivo de pruebas diagnósticas para determinar el punto de corte con mejor rendimiento diagnóstico para el Strain longitudinal global en pacientes con infarto agudo del miocardio llevados a arteriografía coronaria, que asisten a la fundación Cardioinfatil

- Marco muestral

Población: Pacientes admitidos a la fundación Cardioninfatil con diagnóstico de infarto agudo del miocardio con y sin elevación del segmento ST con plan de arteriografía coronaria.

Muestra: Pacientes admitidos a la fundación Cardioinfantil con diagnóstico de infarto agudo del miocardio con y sin elevación del segmento ST con plan de arteriografía coronaria, entre Abril y noviembre de 2015.

- Cálculo del tamaño de muestra

El cálculo del tamaño de muestra se realizó teniendo en cuenta por un lado la prevalencia de la enfermedad, considerada del 70% en los pacientes que ingresan a los servicios de urgencias con diagnóstico de síndrome coronario agudo (1,2,3); es decir, que tienen lesiones angiográficas significativas dentro de la población que va a ser sometida a una arteriografía coronaria. Por otro lado con sensibilidad del 80%, especificidad del 60 % y

una diferencia en unidades absolutas del 10%, para una estimación del tamaño de muestra de 200 pacientes.

Por lo tanto se decidió tomar el número calculado por el punto de corte para pruebas diagnósticas por ser el mayor tamaño de muestra requerido, 200 pacientes (15).

○ Hipótesis

La ecocardiografía con medición de strain longitudinal global y regional, es útil para predecir la presencia de enfermedad coronaria hemodinámicamente significativa en pacientes con diagnóstico de infarto agudo del miocardio con y sin elevación del ST y es superior a los parámetros ecocardiográficos estándar de fracción de eyección e índice de motilidad parietal.

○ Metodología

- Se realizará un estudio de pruebas diagnósticas, en pacientes que ingresen por el servicio de urgencias de la Fundación cardiolinfantil entre los meses de Abril y Noviembre del año 2015, con presencia de dolor torácico y que sean clasificados como infarto agudo del miocardio.
- Se incluirán solamente los pacientes que tengan indicación de arteriografía coronaria según la guía institucional y que sean llevados a dicho procedimiento. Se realizara un ecocardiograma trastorácico bidimensional con doppler color y se realizarán imágenes para el análisis de mecánica ventricular. Dicho estudio deberá ser realizado previo a la arteriografía coronaria. El análisis se realizara en una estación Echopack.
- Se consignarán las características clínicas del pacientes: edad, género, comorbilidades (HTA, dislipidemia, tabaquismo, DM2, antecedente familiar de enfermedad coronaria), peso, talla; tensión arterial y frecuencia cardiaca al

momento de realizar el ecocardiograma; tiempo de inicio de dolor y tiempo desde el ingreso hasta la realización del estudio ecocardiográfico.

- Se consignarán las variables ecocardiográficas: Fracción de eyección calculada por método de Simpson, índice de motilidad parietal, volumen de fin de diástole y sístole del ventrículo izquierdo. El análisis de la mecánica ventricular se dará en valores globales de Strain longitudinal global, así como el valor separado por territorio coronario, el cual será derivado del valor promediado de los valores pico de Strain de dicho territorio.
- La presencia o ausencia de enfermedad coronaria será definida por la arteriografía coronaria. Se consideraran lesiones significativas aquellas mayores o iguales del 70%. Se estudiará su localización para poder correlacionarla con los resultados del Strain.

- Criterios de inclusión

1. Pacientes mayores de 18 años que ingresan a la Fundación cardiolinfantil por el servicio de urgencias
2. Diagnóstico de hospitalización de infarto agudo del miocardio
3. Indicación de Arteriografía coronaria según las guías
4. Pacientes con estudio ecocardiográficos intrahospitalario previo a la realización de la arteriografía coronaria, con imágenes óptimas para la adecuada medición de la mecánica ventricular

- Criterios de exclusión

1. Enfermedad coronaria previa
2. Condiciones que no permitan realizar la adecuada medición de la mecánica ventricular (mala ventana acústica, estudio no gatillado, frame rates por debajo de 60 ciclos por segundo)
3. Antecedente de cardiopatía congénitas complejas
4. Cirugía cardíaca previa
5. Arritmias no controladas

6. Enfermedad valvular significativa (mayor que leve)
7. Pacientes con documentación de infarto agudo del miocardio tipo II

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS EN EL ESTUDIO

Se utilizará una estación de trabajo ECHOPAC General Electric para el análisis de imágenes en post proceso, para el cálculo del Strain Longitudinal Global por medio del software AFI General Electric.

La adquisición de las imágenes se realizará con equipos ecocardiográficos con tecnología de segundo armónico y transductor matricial.

- Ecógrafo Vivid E9, General Electric.
- Ecógrafo Vivid S6 General Electric.

Técnica de adquisición y análisis de las imágenes ecocardiográficas.

- **Técnica de adquisición de imágenes.**

La técnica de adquisición de imágenes que se utilizará para realizar los ecocardiogramas será:

- Paciente ubicado en decúbito lateral izquierdo.
- Se adquirirán todas las imágenes de un ecocardiograma transtorácico convencional más 4 sets de imágenes bidimensionales magnificando el ventrículo izquierdo y los bordes endocárdicos, con ajuste de profundidad y ganancia apropiados; las imágenes serán apical cuatro cámaras, dos cámaras y tres cámaras.
- Se ajustará el frame rate (velocidad de cuadros por segundo) de las imágenes que corresponderá al 80% de la frecuencia cardíaca del paciente (entre 60 y 80 c/seg).

- Se optimizará el tamaño del sectorial y el foco para mejorar la definición de los bordes endocárdicos apicales y la señal electrocardiográfica con un complejo QRS positivo de adecuada amplitud con el objetivo de capturar diástole y sístole.
- Cada imagen será obtenida en tres ciclos cardíacos completos con el objetivo de mejorar las mediciones.
- Otras medidas que se tomarán en cuenta son: medición del índice de masa ventricular izquierda (IMVI), volumen auricular izquierdo, fracción de eyección ventricular izquierda calculada por método de Simpson, trastornos segmentarios de la contractilidad
- Las imágenes serán obtenidas por un sonografista cardíaco y ecocardiografistas nivel II y III; serán analizadas por un fellow de ecocardiografía nivel II.
- El análisis de deformación se realizará en la estación de trabajo Echopack.
- **Análisis e interpretación de la mecánica ventricular**

Para el análisis cuantitativo de la deformación de las fibras miocárdicas se parte de las imágenes adquiridas previamente con las características mencionadas ; mediante el software AFI de General Electric se accede al paquete de medición, se presiona la opción de fallo cardíaco, se marcan en las imágenes espectrales la apertura y el cierre de la válvula mitral y aortica. Se elige la imagen apical de tres cámaras, se selecciona en el paquete de medición la opción AFI y se marcan los puntos a lo largo del borde endocárdico en las diferentes paredes (ínterolateral, septum anterior y ápex) iniciando a nivel del anillo mitral; se oprime proceso y el software analiza los vectores de desplazamiento de los speckles y los superpone en la imagen en tiempo real, calificando cada segmento de la proyección; posteriormente se elige la imagen apical de cuatro cámaras, realizando el proceso mencionado anteriormente en la pared lateral, el septum posterior y el ápex; el software analiza los vectores y muestra la deformación superpuesta en la imagen en tiempo real. Finalmente se elige la imagen apical de dos cámaras, marcándose la pared anterior, inferior y el ápex; el software procesa la imagen y finalmente arroja la imagen del strain global longitudinal, el ojo de buey, la gráficas de desplazamiento y el valor del strain global longitudinal, el cual es negativo y en valor absoluto de porcentaje.

- **Medición y análisis de la fracción de eyección por método de Simpson**

La medición de los volúmenes se realiza en el eje apical, en donde se ubica el fin de diástole y fin de sístole respectivamente. Una vez ubicado el punto del ciclo cardíaco se selecciona la opción del paquete de mediciones Biplano y se trazan los bordes endocárdico excluyendo los músculos papilares, realizándose en fin de diástole y fin de sístole para la proyección apical cuatro y dos cámaras. El software dibuja rectángulos del trazo y suma todas las áreas de los rectángulos, realizando de esta forma el cálculo de volúmenes. Finalmente el equipo arroja 3 valores: uno corresponde al volumen de fin de diástole en ml/m², seguido del volumen de fin de sístole y finalmente el valor final de la fracción de eyección.

- **Cálculo del índice de motilidad parietal**

Para su implementación se utilizará el esquema de 16 segmentos, recomendado por la guías de las Sociedad Americana de Ecocardiografía, en las proyecciones, paraesternal eje largo, eje corto, apical cuatro cámaras y dos cámaras.

Los valores que se asignan son:

1: contractilidad normal. 2: hipoquinesia. 3: Aquinesia. 4: Disquinesia.

El índice de motilidad se obtiene al sumar las puntuaciones y dividir las por el número de segmentos visualizados. Puntaje normal 16/16: 1.

OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES DE ESTUDIO.

Tabla 2. Tabla de operacionalización de las variables

Definición conceptual de la variable	Definición operacional	Tipo de variable	de Escala de medición
---	-------------------------------	-------------------------	------------------------------

Edad	Edad a partir del último cumpleaños.	Cuantitativa – Continua	Continua
Genero	Diferencia social entre hombre y mujer.	Cualitativa – dicotómica.	Masculino 1 Femenino 0
Numero de historia clínica.	Código de identificación de la historia clínica a nivel de la Fundación Cardioinfantil.	Cuantitativa – discreta.	Razón: número absoluto. NHC _____
Antecedentes patológicos de importancia.	Enfermedades prevalentes que tenga el individuo: HTA, DM2, dislipidemia, tabaquismo, antecedente familiar	Cualitativa- dicotómica.	Nominal. Mención de presencia (1) ó ausencia (0)
Peso	Tomada en kilogramos	Cuantitativa	Continua
Talla	Tomada en centímetros	Cuantitativa	Continua
Presión arterial	Determinadas por método auscultatorio en pliegue antebraquial, mediante técnica de Korokoft	Cuantitativa	Continua
Frecuencia cardiaca	Determinada por toma de pulso a nivel radial o por electrocardiograma	Cuantitativa	Continua
Tiempo de inicio de síntomas hasta consulta	Determinado por tiempo desde inicio de dolor torácico hasta primer contacto con médico. Medido en horas	Cuantitativo	Continuo

Troponina	Medición sérica de troponina expresada en ng/ml	Cuantitativo	Continuo
-----------	---	--------------	----------

Valoración ecocardiográfica

Fracción de eyección	Es un parámetro de la función cardíaca, se expresa en porcentaje % mide la disminución del volumen del ventrículo izquierdo del corazón en sístole, con respecto a la diástole. FE: $VFD - VFS / VFD$	Cuantitativa - discreta	Razón: número absoluto FEVI: _____ %
----------------------	--	-------------------------	---

Volumen de fin de diástole	Parámetro cuantitativo del volumen al final de la diástole medido en mililitros.	Cuantitativa	Continuo
----------------------------	--	--------------	----------

Volumen de fin de sístole	Parámetro cuantitativo del volumen al final de la sístole medido en mililitros	Cuantitativa	Continuo
---------------------------	--	--------------	----------

Índice de motilidad parietal	Calculo semicuantitativo de la contractilidad miocárdica por número de segmentos normal Vs el anormal ($16/16 = 1$), valores por encima de 1 se consideran	Cuantitativa- continua	Proporción. IMP: _____
------------------------------	--	------------------------	---------------------------

		alteraciones en la contractilidad		
Strain global longitudinal		Cálculo de la mecánica ventricular cuantitativo por deformación global, y con un ojo de buey sin evidencia de alteraciones en la deformación global, esta valoración se hace por método cuantitativo.	Cuantitativa-continua	Proporción Strain GL: _____ %
Strain territorial longitudinal		Calculo de la mecánica ventricular por deformación de los segmentos, promediando los valores de Strain pico en cada territorio.	Cuantitativa-continua	Proporción Strain GL: _____ %
Territorio comprometido por mecánica ventricular		Territorios comprometidos en su contractilidad correspondientes a un territorio coronario determinado	Cualitativa-politómica.	Nominal. 0: ADA 1: CX 2: CD 3: ADA Y CX. 4: CX Y CD. 5: ADA, CX, CD

Arteriografía coronaria

Lesiones anatómicas	Grado de estenosis coronaria determinado por angiografía	Cualitativa-politómica	Cualitativa nominal. a. ADA b. CX
---------------------	--	------------------------	---

estenosis	coronaria.	c. CD
		Lesiones mayores del 70%.

PLAN DE ANALISIS

Los datos fueron analizados usando software STATA versión 13.0. Las variables continuas son presentadas como desviaciones estándar o medias. Las variables categorías son presentadas como porcentaje.

Luego, a través de la elaboración de las curvas operativas del receptor (ROC), se identificará el mejor punto de corte, de mejor sensibilidad y con buena especificidad para el diagnóstico de lesión vascular coronaria arterioesclerótica crítica, de acuerdo a un resultado de las mediciones de Strain global y territorial.

La evaluación de la conformidad entre las escalas se realizará de manera indirecta, a través de la comparación de las áreas bajo la curva de cada escala para el diagnóstico dicotómico de la arteriografía.

Las curvas ROC fueron comparadas de acuerdo al método descrito por Hanley y McNeil usando software dedicado (Medclac versión 10.4, Mariakerke, Belgica). Para todos los análisis una $p < 0.05$ fue considerada significativa.

ASPECTOS ÉTICOS

El estudio fue presentado en el comité de investigación de la Fundación Cardioinfatil, siendo aceptado para su realización sin requerimiento de la realización de un consentimiento informado, dado que la realización del ecocardiograma hacía parte del algoritmo diagnóstico del paciente y la intervención de la enfermedad coronaria no dependería de los resultados obtenidos con las mediciones de mecánica ventricular.

Declaración de acuerdo de los investigadores de cumplir con los principios éticos universalmente aceptados

Por medio del presente documento, los abajo firmantes como investigadores del estudio:

“Mecánica ventricular izquierda en pacientes con infarto agudo del miocardio sin elevación del segmento ST”.

Aceptan cumplir con los principios éticos y morales que deben regir toda investigación que involucra sujetos humanos.

Nos aseguramos que el estudio reúne las siguientes características:

- a. Se ajusta a los principios de la declaración de Helsinki (Seúl).
- b. Se ajusta a los principios básicos del informe Belmont.
- c. Se ajusta a las normas y criterios éticos establecidos en los códigos nacionales de ética y/o leyes vigentes.
- d. Describe de forma satisfactoria la forma como se protegerán los derechos y bienestar de los sujetos involucrados en la investigación.
- e. Describe de forma apropiada los criterios de inclusión/exclusión de determinados sujetos humanos.
- f. Dado que es un estudio de no intervención, determinado por la legislación vigente como de riesgo mínimo.

PRESUPUESTO

Tabla 2. Tabla de Recursos humanos utilizados durante el estudio

Recursos humanos	Categoría	Sal. Bas.	Sal. Hora	Tiempo	Total
Investigador	Profesional subespecialista.	10.000.000	50.000	250	12.500.000
Asesor temático	Profesional	15.000.000	50.000	20	1.000.000

	supraespecialista.				
Asesor metodológico	Profesional supraespecialista	15.000.000	50.000	20	1.000.000
Epidemiólogo	Profesional especialista	4.500.000	6.048	100	1.209.600
Subtotal					15.709.600

Tabla 3. Equipos utilizados

Equipos	Precio	Cantidad
Computador.	1.200.000	1
Impresora láser.	200.000	1
Memoria USB 1GB.	250.000	2
Conección a internet WIFI	60.000	1
Subtotal	1.960.000	

Tabla 4. Ecocardiograma

	Precio	Cantidad	Total
Ecocardiograma bidimensional, doppler color	309750	60	18.585.000
Electrodo adulto	3609	90	324.810
Subtotal			18.909.810

Tabla 5. Materiales de oficina.

Material de oficina	Presentación	Precio	Cantidad	Total
Resmas de papel para impresora laser.	Paq	8.000	3	24.000
Boligrafos	Und	700	10	7.000
Resaltadores	Und	800	3	2.400
Tóner de tinta negra	Und	30.000	1	30.000
Fotocopias	Hoja	60	60	3.600
Impresiones	Hoja	250	60	15.000
Subtotal				82.000

Tabla 6. Totalidad de recursos

Recursos humanos	15.709.600
Equipos	1.960.00
Ecocardiogramas	18.909.810
Material de oficina	82.000
Total	36.661.410

JUSTIFICACION DE FINANCIAMIENTO

El paquete correspondiente al estudio ecocardiográfico ya se ha costado por el sistema general de salud, pues esta prueba es requerida como parte del estudio de la patología de cada uno de ellos, y no se incurre en costos adicionales a los que cada paciente necesita. El cálculo del Strain no genera cobro adicional. Los gastos de investigador arriba estipulados, serán asumidos con recursos propios

CRONOGRAMA

Tabla 7. Actividades del cronograma

	Mar zo	Abr il	Mayo	Junio- Julio	Agost o	Septiemb re	Octubre	Noviemb re
Formulació n anteproyect o								
Diseño protocolo								
Marco teórico								
Diseño de instrumento								
Aprobación comité de ética								
Aprobación comité de universidad								
Recolecció n de datos								
Procesamie nto de datos								
Aplicación de pruebas estadísticas								
Análisis de datos								
Redacción de documento								
Presentació n resultados								

RESULTADOS

Se recolectaron 54 pacientes con la información completa para el cálculo Strain en cada una de sus mediciones, global, ADA, ACD y Arteria circunfleja, así como también los resultados de la arteriografía coronaria. Se realizó un muestreo por conveniencia reclutando todos los pacientes que cumplieron con los criterios de inclusión entre los meses de abril y noviembre de 2015. En la tabla 8 se muestran las principales características cuantitativas de la muestra estudiada. Se presentan los valores promedio y la desviación estándar (DS) o porcentaje según el tipo de variable.

Tabla 8. Características generales de la población estudiada

Variable	Valor
Masculino, nro (%)	39 (72%)
Edad años, promedio (DE)	58.5 (11.9)

Peso Kg, promedio (DE)	73.7 (13.7)
Talla Cm, promedio (DE)	165 (9.5)
Tiempo Síntomas Horas, promedio (DE)	42.2 (37.6)
Tiempo realización Ecocardiograma Horas, promedio (DE)	17.8 (14.8)
HTA, nro (%)	22 (41%)
DM 2, nro (%)	10 (19%)
Dislipidemia, nro (%)	14 (26%)
Tabaquismo, nro (%)	32 (59%)
Ant. Fam. enf. Coronaria, nro (%)	28 (52%)
Lesiones coronaria >70%, nro (%)	45 (83%)
Edad menor de 70 años, nro (%)	47 (87%)
Troponina ng/ml, promedio (DE)	13.2 (24.7)
IMP, promedio	2.7 (5.9)

(DE)	
FEVI %, promedio (DE)	49.8 (14.6)
VFD ml, promedio (DE)	106.8 (29.2)
VFS ml, promedio (DE)	55.4 (23.5)
IMC Kg/m ² SC, promedio (DE)	26.8 (3.8)
Fuente: El autor.	

En cuanto a las características generales de la muestra del estudio, se observó que la gran mayoría fueron hombres (70%); la edad promedio fue de aproximadamente 58 años, con un IMC promedio de 26.8, categorizándose como sobrepeso. Teniendo en cuenta la importancia de la variable obesidad para el cálculo del riesgo cardiovascular, se evidenció que un 2% de las personas presentaban bajo peso (IMC<18.5), el 43% sobrepeso (IMC: 25-29.9), el 16% obesidad grado I (IMC: 30 -34.5) y el 4% obesidad grado II (IMC: 35-39.9); no existieron individuos en la categoría de obesidad mórbida (IMC>40) y el 35% tuvieron peso normal (IMC: 18.5-24.9 de acuerdo a su estatura). Por tanto se podría decir que el 65% de nuestra muestra presenta estado físico no saludable que podría aumentar la probabilidad de presentar enfermedades de tipo cardiovascular.

En cuanto a la prevalencia de factores de riesgo se puede apreciar para la tensión arterial sistólica un valor promedio de 121 mm Hg, con un porcentaje de pacientes hipertensos cercano al 40%; para tabaquismo 59%, Dislipidemia de 26%, Diabetes mellitus 19% y antecedente familiar de enfermedad vascular coronaria del 52%. Lo anterior indica que la mayoría de la muestra estudiada presenta hipertensión, tabaquismo y antecedente familiar de enfermedad vascular coronaria.

En cuanto a la presentación de enfermedad vascular coronaria en nuestra muestra, encontramos que el 83% de los pacientes presentaron al menos una lesión crítica coronaria, observando una distribución homogénea entre el porcentaje de lesiones en áreas de ADA,

Cx y ACD. Así mismo el 72% de los pacientes presentaron 2 lesiones y cerca del 15% tres lesiones vasculares.

Para determinar la probabilidad de la presencia de lesión vascular coronaria arterioesclerótica de cada participante se realizó el cálculo del Strain global y territorial.

Tabla 9. Características de Strain Global, ADA, ACD y Cx.

Método	Media	Ds	Máximo	Mínimo	% Riesgo bajo >(-18)	%Riesgo alto<(-18)
Global Strain	-14.76	3.43	-20.6	-7.5	11	43
ADA Strain	-13.96	5.89	-22	4.2	17	37
Cx Strain	-13.96	4.70	-22.4	-2.8	12	42
ACD Strain	-13.32	5.81	-22.6	2.6	10	44

Fuente: El autor

En la tabla 9 se muestra un resumen de los principales resultados encontrados en las mediciones del Strain. Para cada una de las mediciones se presentan los valores promedio, las desviaciones estándar, así como, los valores mínimos y máximos. De igual forma, también se presenta la clasificación de acuerdo a niveles de riesgo de enfermedad vascular coronaria (bajo y alto) para cada método. Al dividir por rangos o categoría de riesgo según cada cálculo de Strain, se puede ver que el porcentaje de pacientes con probabilidad de riesgo más alta es semejante en cada medición de Strain, obteniendo cerca del 80% de los pacientes con mediciones de strain que sugieren enfermedad vascular coronaria.

Después de determinar los valores de Strain para cada uno de los posibles desenlaces (Global, ACD, ADA y Cx) se calcularon las sensibilidades y especificidades para cada posible punto de corte correspondiente a niveles de decisión distintos. Seguidamente, se realizó un análisis detallado de los valores obtenidos y mediante el índice de Youden se determinó el punto de corte óptimo, con mejor sensibilidad y mediana especificidad para el diagnóstico de lesión vascular coronaria arterioesclerótica crítica en cada escala. En la tabla

10 se muestra cómo se seleccionaron los puntos de corte óptimos para cada método estudiado. Se presentan como ejemplos puntos de corte mayores y menores al óptimo con sus respectivas sensibilidades y especificidades. Así mismo se realizó el análisis de las otras características operativas, con cálculos de valores predictivos negativos, positivos y LR, seleccionando los mejores puntos de corte para cada método (tabla 11).

Tabla 10. Selección del punto de corte óptimo para cada medición

Punto de corte	Sensibilidad%	Especificidad%	(1-Especificidad)	IY
<u>Global Strain</u>				
<= -18.7	98	22	0.78	0.20
<= -18.0	91	56	0.44	0.47
<= -17.5	85	78	0.22	<u>0.63</u>
<= -17.0	80	78	0.22	0.6
<u>ACD Strain</u>				
<= -17.8	89	11	0.895	0.105
<= -16.2	85	26	0.74	0.11
<u><= -15.8</u>	<u>73</u>	<u>32</u>	<u>0.48</u>	<u>0.25</u>
<= -15.4	69	37	0.63	0.06
<u>Cx Strain</u>				
<= -18.2	87	18	0.82	0.18

<u><= -17.6</u>	<u>87</u>	<u>37</u>	<u>0.63</u>	<u>0.37</u>
<= -17	78	36	0.64	0.14
<= -16.8	74	36	0.64	0.1
<u>ADA Strain</u>				
<= -18.7	89	28	0.72	0.17
<= -18	85	39	0.61	0.24
<u><= -17.4</u>	<u>82</u>	<u>44</u>	<u>0.56</u>	<u>0.26</u>
<= -17	74	44	0.56	0.18

Fuente: El autor.

Tabla 11. Valores predictivos positivos y negativos y LR

Punto de corte	VPP %	VPN %	LR
<u>Global Strain</u>			
<= -18.7	88	63	1.25
<= -18.0	92	63	2.1
<u><= -17.5</u>	<u>96</u>	<u>87</u>	<u>3.86</u>
<= -17.0	94	43	3.63
<u>ACD Strain</u>			
<= -17.8	83	18	1
<= -16.2	84	25	1.14
<u><= -15.8</u>	<u>84</u>	<u>18.5</u>	<u>1.07</u>
<= -15.4	84	0.20	1.09
<u>Cx Strain</u>			

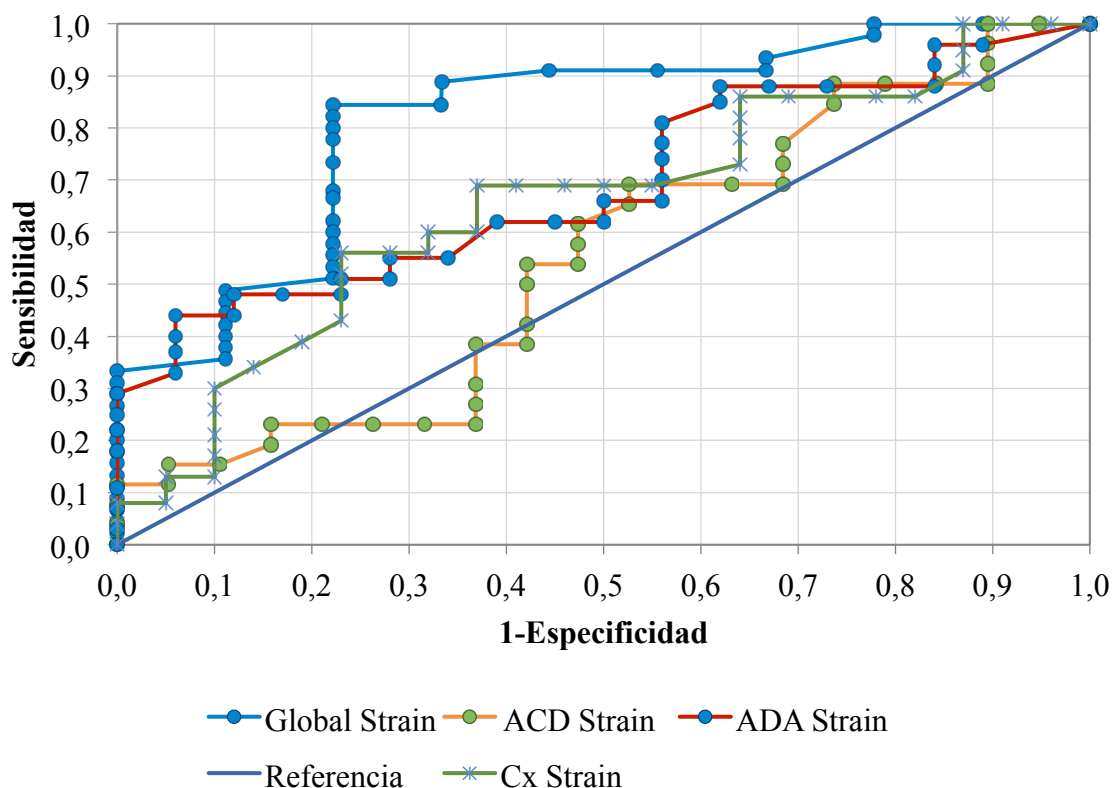
<= -18.2	84	21	1.06
<u><= -17.6</u>	<u>87</u>	<u>35</u>	<u>1.38</u>
<=-17	86	25	1.21
<=-16.8	85	33	1.15
<u>ADA Strain</u>			
<= -18.7	86	36	1.23
<= -18	87	36	1.39
<u><=-17.4</u>	<u>87</u>	<u>30</u>	<u>2.15</u>
<=-17	87	26	1.12

Fuente: El autor.

Si se comparan los valores del IY para cada método se puede observar que el punto de corte óptimo corresponde al que presenta mayor valor de IY, que a su vez es el que presentará la mayor distancia entre cada punto y la línea de referencia en las curvas ROC. Así mismo, si se comparan los valores para la sensibilidad y especificidad se puede apreciar que la sensibilidad es inversa a la especificidad y que los valores correspondientes al punto de corte óptimo seleccionado con el IY, no determinan necesariamente la sensibilidad, ni la especificidad más alta que puede alcanzar cada escala.

En la figura 1 se muestran las curvas COR para cada una de las escalas evaluadas.

Figura 1. Curvas ROC para cada medición de STRAIN



Fuente: El autor.

Los círculos rojos, verdes y azules representan las curvas ROC para las mediciones de Strain de manera Global, ACD, ADA y Cx respectivamente. En cada curva se presentan todos los pares sensibilidad/ (1-especificidad) resultantes de la variación continua de los puntos de corte en todo el rango de resultados observados. Se puede ver que los resultados de la única medición de Strain que presenta un comportamiento errático en nuestro estudio es la medición del Strain en la ACD, encontrándose un excelente comportamiento de la medición global del Strain.

En la tabla 12, se presentan las áreas bajo la curva encontradas para cada una de la curvas ROC. Este valor estima la probabilidad de que cada modelo asigne un mayor riesgo en aquellos pacientes que presenten enfermedad cardiovascular coronaria a comparación con los que no presentan esta patología en un lapso determinado.

Tabla 12. Áreas bajo las curvas ROC para las mediciones Global, ACD, ADA, Cx Strain.

Escala	Área Bajo la curva	DS	Intervalo Confianza
Global Strain	0.81	0.083	0.65-0.98
ACD Strain	0.56	0.09	0.37-0.72
ADA Strain	0.70	0.079	0.54-0.85
Cx Strain	0.67	0.08	0.50-0.82

Fuente: El autor.

Se observa que la medición que presenta una mayor área bajo la curva es la de Strain longitudinal Global (0.81), seguida de la ADA (0.70), Cx (0.67) y ACD (0.56). De igual forma, se encontró el mismo orden de mayor a menor para los intervalos de confianza al 95%.

En la tabla 13, se puede observar las diferencias entre los promedios de mediciones de strain en pacientes con y sin enfermedad vascular coronaria para cada una de las mediciones, encontrando diferencias clínicas y estadísticamente significativas en las mediciones correspondientes a Strain Global (Strain Promedio en pacientes con enfermedad vascular coronaria en -14.2 y de -17.7 en pacientes sin enfermedad vascular), en ADA (Strain Promedio en pacientes con enfermedad vascular coronaria en -11.5 y de -16.1 en pacientes sin enfermedad vascular) y en Arteria Circunfleja (Strain Promedio en pacientes con enfermedad vascular coronaria en -12.4 y de -15.15 en pacientes sin enfermedad vascular). No existieron diferencias estadísticas en la ACD.

Tabla 13. Diferencias de promedios de Strain global, ACD, ADA y Cx en pacientes con y sin enfermedad vascular coronaria

Medición	Promedio en Enf. Vascular Coronaria	Promedio en Sin Enf. Vascular coronaria	P
Global Strain	-14.2 IC (-15.19 a -13.19)	-17.7 IC (-19.50 a-15.73)	0.0026

ACD Strain	-11.90 IC(-14.31 a -9.49)	-13 IC(-15.75 a -10.22)	0.27
ADA Strain	-11.57 IC (-14.24 a - 8.89)	-16.18 IC (-18 a -14.28)	0.006
Cx Strain	-12.40 IC (-14.52 a - 10.29)	-15.15 IC(-17.1 a -14.57)	0.0276

Fuente: El autor.

En la tabla 14 encontramos los resultados del área bajo la curva tanto para el índice de motilidad parietal como para la fracción de eyección. En este modelo se analiza la predicción de enfermedad coronaria de estos parámetros ecocardiográficos comparado con los resultados de la arteriografía coronaria.

Tabla 14. Áreas bajo las curvas COR para las mediciones FE y IMP comparado con medición de lesión vascular coronaria a través de arteriografía coronaria

Escala	Área Bajo la curva	DS	Intervalo Confianza
IMP	0.5815	0.12	0.32-0.83
FE	0.317	0.09	0.13-0.50

Fuente: El autor.

DISCUSIÓN

La realización de la ecocardiografía transtorácica con mecánica ventricular en los pacientes con dolor torácico de alto riesgo es una herramienta diagnóstica útil para la predicción de enfermedad coronaria hemodinámicamente significativa y podría ser recomendada como prueba diagnóstica complementaria en los pacientes que ingresen a las instituciones de

salud con diagnóstico de síndrome coronario agudo. De ninguna manera se pretende reemplazar un adecuado juicio clínico, un exhaustivo examen físico, ni las pruebas paraclínicas altamente sensibles como la troponina. Se buscó definir las características operativas de la mecánica ventricular medida por ecocardiografía para la detección de enfermedad coronaria, tomando como patrón de oro la arteriografía coronaria. Los parámetros ecocardiográficos clásicos como la fracción de eyección y el IMP tienen importantes limitaciones técnicas y pobre reproducibilidad, y por tanto se requieren nuevas variables ecocardiográficas para definir el papel de dicha herramienta imagenológica en el algoritmo diagnóstico del paciente con esta patología.

En nuestro estudio, el mejor rendimiento se observó con los resultados de Strain Longitudinal Global, con valores precisos para establecer la presencia de enfermedad coronaria. Podremos así definir que los pacientes tienen una mayor probabilidad de presentar lesiones coronarias, y por ende ser encaminados a un tratamiento médico óptimo más oportuno, así como una herramienta más en la ayuda en el algoritmo diagnóstico y terapéutico hacia técnicas invasivas. De igual manera será útil en la estimación del riesgo del paciente, teniendo en cuenta que la presencia de enfermedad coronaria significativa se relaciona directamente con desenlaces de morbilidad y mortalidad. Se resalta también su excelente valor predictivo positivo así como su buen valor predictivo negativo, herramientas que podrán ser útiles para determinar con mayor certeza qué pacientes requieren de procedimientos invasivos tempranos, y que pacientes podrían no tener lesiones coronarias significativas susceptibles de intervención.

Estos resultados concuerdan con los datos obtenidos por otros autores, confirmando la utilidad de dicha técnica en la detección de enfermedad coronaria. Grenne y cols publicaron un estudio en el 2010, donde encontraron un mejor rendimiento del strain circunferencial con un valor $>-10\%$, en pacientes con IAMST para la detección de lesiones angiográficamente significativas (sensibilidad de 90%, especificidad del 88%, con un área bajo la curva de 0.93). Para el strain longitudinal las características operativas encontradas en dicho estudio son menores a las reportadas por nuestro grupo, con sensibilidad de 76%, especificidad de 66%, AUC: 0.78 para un punto de corte de Strain de -14% . (12).

Por otra parte, en el estudio realizado por Dahlslett publicado en el 2014, en pacientes con

angina inestable, y por ende troponina negativa, encontraron que el strain longitudinal global estaba relacionado con la presencia y ausencia de lesiones coronarias por cateterismo con sensibilidad de 93% y especificidad de 78% (5), mostrándose que el strain también puede ser útil en este grupo de pacientes.

La presencia de una técnica sensible para la detección de enfermedades potencialmente fatales, como lo es el síndrome coronario agudo, es altamente recomendable, dado las serias implicaciones que supondría clasificar erróneamente a un paciente verdaderamente enfermo. Teniendo esto en cuenta, el SLG se convierte en una herramienta útil, sumado a las características clínicas, electrocardiográficas y enzimáticas, para la detección de pacientes con enfermedad coronaria significativa.

Desde el punto de vista regional, se encontró mayor efectividad de la prueba para predecir la presencia de enfermedad coronaria significativa en pacientes con lesiones de las arterias descendente anterior y circunfleja. Los resultados para la arteria coronaria derecha no fueron contundentes, probablemente debido a que el número de pacientes evaluados en quienes se encontró enfermedad de la arteria coronaria derecha fue significativamente menor que el número de pacientes que tuvieron enfermedad coronaria del sistema izquierdo.

Debido a que el número de pacientes con infarto agudo del miocardio con elevación del segmento ST y enfermedad coronaria multivascular fue inferior al requerido por el supuesto estadístico para la realización de la estimación de la características operativas, no se realizó análisis de sensibilidad y especificidad para strain longitudinal global alterado y la presencia

de enfermedad coronaria. No obstante, consideramos que puede ser un punto de análisis para estudios posteriores.

Una de las limitaciones del estudio fue el tamaño de la muestra. Debido a las exigencias temporales estipuladas en el diseño del mismo, no se logró recolectar en el periodo previsto la cantidad ideal de pacientes calculado inicialmente en el tamaño de muestra. Sin embargo, con la muestra recolectada se obtuvieron valores estadísticamente significativos para los parámetros de Strain longitudinal global y regional de la arteria descendente anterior y circunfleja, en la predicción de la presencia de enfermedad coronaria significativa. Es posible que con el aumento del tamaño de la muestra se logre mejorar aún más las

características operativas de la prueba, así como identificar la utilidad en el strain regional de la coronaria derecha, la cual no se logró demostrar en el presente estudio.

Por otra parte se observó un bajo rendimiento diagnóstico de los parámetros clásicos ecocardiográficos (FE y IMP) para la predicción de enfermedad coronaria significativa, existiendo una diferencia estadísticamente significativa con los parámetros medidos por Strain. Es por esto importante resaltar la necesidad de la búsqueda de nuevos parámetros ecocardiográficos como el Strain, que tengan una mayor certeza diagnóstica para detectar dicha enfermedad, y sirvan como herramientas adicionales en el algoritmo diagnóstico de enfermedad coronaria,

Hay que tener en cuenta, sin embargo, que aún existen limitaciones inherentes a la técnica y falta de estandarización de los diferentes programas desarrollados por la industria para el cálculo del strain, que dificultan la reproducibilidad y generalización de los resultados. Adicionalmente es una técnica que no está ampliamente disponible, requiere de un programa y análisis adicional, así como de entrenamiento para su realización e interpretación.

CONCLUSIONES

En nuestro estudio, el mejor rendimiento diagnóstico se observó con los resultados de strain longitudinal global con un punto de corte de -17.5 , con sensibilidad del 85% y especificidad del 78% para la detección de enfermedad coronaria hemodinámicamente significativa, así como buenos valores predictivos positivos y negativos de 96% y 87% respectivamente, con un buen LR de 3.86.

Desde el punto de vista regional, se encontró mayor efectividad de la prueba para predecir la presencia de enfermedad coronaria significativa en pacientes con lesiones de las arterias descendente anterior y circunfleja con sensibilidades del 82% y 87% respectivamente. Los resultados para la arteria coronaria derecha y para los pacientes con infarto agudo del miocardio con elevación del ST no fueron contundentes debido al bajo tamaño muestral. .

La valoración tanto de la fracción de eyección como del índice de motilidad parietal tienen poco valor a la hora de predecir la presencia de enfermedad coronaria hemodinámicamente significativa.

En conclusión, el cálculo del Strain por ecocardiografía es una herramienta emergente para el algoritmo diagnóstico y estimación de riesgo de pacientes con infarto agudo del miocardio, ayudando a una correcta y oportuna identificación de la enfermedad, siendo un complemento a otras variables clínicas y paraclínicas en el abordaje holístico de la enfermedad coronaria

RECOMENDACIONES

Este estudio demuestra la efectividad de la prueba para predecir la presencia de enfermedad coronaria hemodinámicamente significativa con el análisis de Strain longitudinal global y regional para la arteria descendente anterior y circunfleja. En ningún momento se pretende reemplazar otras pruebas para el diagnóstico e intervención oportunas para los pacientes que ingresan a un servicio de salud con un infarto agudo del miocardio, pero si recomendamos su uso como una herramienta adicional para el abordaje de los pacientes con síndrome coronario agudo.

Se recomienda al lector interpretar la prueba con las limitaciones que la misma tiene y complementarla con los estudios diagnósticos ya existentes y validados para tal efecto.

En cuanto a la interpretación del Strain regional de la arteria coronaria derecha sugerimos precaución, dado que el número de pacientes con lesiones en dicha localización fue bajo y puede no representar resultados precisos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Armstrong W, Ryan T. Ecocardiografía de Feigenbaum. Séptima edición. Barcelona: Lippincott Williams & Wilkins; 2011.

2. Otto C. Ecocardiografía clínica práctica. Barcelona: Elsevier 2010.
3. Restrepo G, Lowenstein J, Gutiérrez P, Vieira M. Ecocardiografía e imagen cardiovascular en la práctica clínica. Bogotá: Distribuna 2015.
4. Feigenbaum H, Mastouri R, Sawada S. A practical approach to using strain echocardiography to evaluate the left ventricle. *Circulation Journal*. 2012; 76: 1550 – 1555.
5. Dahlslett T, Karlsen S, Grenne B, Eek C, Sjøli B, Skulstad H, et al. Early assessment of echocardiography can accurately exclude significant coronary artery stenosis in suspected non ST segment elevation acute coronary syndrome. *Journal of the american society of echocardiography*. 2014; 27: 512 – 9.
6. Zahid W, Eek C, Remme E, Skulstad H, Fosse E, Edvardsen T. Early systolic lengthening may identify minimal myocardial damage in patients with non ST elevation acute coronary syndrome. *European heart journal – Cardiovascular imaging*. 2014; 15: 1152 – 1160.
7. Huang S, Orde S. From speckle tracking to torsion: research tool today, clinical practice tomorrow. *Current opinion in critical care*. 2013; 19: 250 – 257.
8. Gorcsan J, Tanaka H. *Journal of the american college of cardiology*. Echocardiographic assesment of myocardial strain. 2011; 58: 1401 – 1413.
9. Kalay N, Celik A, Inanc T, Dogan A, Ozdogru I, Kaya M, et al. *Echocardiography*. 2011; 28: 203 – 209.
10. Yang B, Daimon M, Ishii K, Kawata T, Miyazaki S, Hiros K. Prediction of coronary artery stenosis at rest in patients with normal left ventricular wall motion. Segmental analyses using strain imaging diastolic index. *International Heart Journal*. 2013; 54: 266 – 272.
11. Negishi K, Negishi T, Kurosawa K, Hristova K, Popescu B, Vinereanu D, et al. Practical guidance in echocardiographic assessment of global longitudinal strain. *Journal of The American College of Cardiology: Cardiovascular Imaging*. 2014.
12. Grenne B, Eek C, Sjøli B. Acute coronary occlusion in non ST elevation acute coronary syndrome: outcome and early identification by strain echocardiography. *Heart, British Medical Journal*. 2010; 96: 1550 – 1556.
13. Hoit B. Strain and strain rate echocardiography and coronary artery disease. *Circulation: Cardiovascular Imaging*. 2011; 4: 179 – 190.
14. Ersboll M. Left ventricular global longitudinal strain in acute myocardial infarction. *Danish Medical Journal*. 2013; 60 (8): B4697.

15. Xiao-Hua Zhou , Nancy A. Obuchowski, Donna K.Mcclish. Statistical Methods In Diagnostic Medicine, Sample Size Calculation, The sample Size for the Accuracy of Two Tests The Sample Size for determinating a Suitable cutoff Value. 2002, John Wiley & Sons,Inc NY. Page

